

Aus der Akademie für das Sanitäts- und Gesundheitswesen
der Bundeswehr München.

(Kommandeur: Generalarzt Dr. Merkle)

" D I E V E R L E T Z U N G E N D E S O B E R E N
S P R U N G G E L E N K E S U N D D I E
S C H U T Z - U N D S C H O N W I R K U N G
D U R C H L U F T L A N D E S T I E F E L
(L L - S T I E F E L) "

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
einer
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Ludwig-Maximilians-Universität
zu
München

vorgelegt von
Klaus Schmidt-Rittershaus
aus
Bad Ems

München 1969

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Universität München

Berichterstatter: Priv.Do. Dr. G. Glogowski

Mitberichterstatter: Prof. Dr. A.N. Witt

Dekan: Prof. Dr. E. Kraft

Tag der mündlichen Prüfung: 15.12.1970



Meinen lieben Eltern
in Dankbarkeit

Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. Einleitung und Problemstellung	3
II. Kurze anatomische Vorbemerkung	4
III. Die unfallbedingten Schäden am oberen Sprunggelenk	6
Ossär	
Ligamentär	
IV. Kurze Bemerkung über die Behandlungsmethoden	9
V. Die Schutz- und Schonwirkung auf das obere Sprunggelenk durch Luftlandestiefel	11
1. Die röntgenologische Kontrolle zum Nachweis der Funktionssperrung	
a) Röntgenologisch festgelegtes physiologisches Bewegungsausmaß bei einer 50-jährigen Versuchsperson	12
- ohne Luftlandestiefel	
- mit Luftlandestiefel	
b) Röntgenologisch festgelegtes physiologisches Bewegungsausmaß bei einer 20-jährigen Versuchsperson	13
- ohne Luftlandestiefel	
- mit Luftlandestiefel	
c) Röntgenologisches Beispiel für die Bewegungseinschränkung eines traumatisch gestörten oberen Sprunggelenkes	14
- ohne Luftlandestiefel	
- mit Luftlandestiefel	
VI. Welche Teile des Kapsel-Band Apparates und der langen Fußmuskeln werden funktionell ruhiggestellt?	15

VII.		
1.	Welche Eigenschaften der funktionellen Entlastung sind hinsichtlich der Form und des Materials der Luftknaestiefel wahr- scheinlich?	17
2.	Elektrodiagraphische "Dehnungsmessungen" am hinteren Schaft der Luftknaestiefel	19
a)	Versuchsanordnung	19
b)	Versuchsergebnisse	20
c)	Versuchsauswertung	24
VIII.	Abschließende Diskussion	25
IX.	Zusammenfassung	26
X.	Bildteil	27
XI.	Literaturverzeichnis	34
XII.	Lebenslauf	36

I. Einleitung und Problemstellung

Die enorme Häufigkeit von Sprunggelenkverletzungen gibt eine Statistik der sportlichen Unfallambulanz der Universität Münster von 1950 bis 1960 wieder. Bei der statistischen Gesamterfassung waren 2232 Männer (79,7 %) und 569 Frauen (20,3 %) betroffen. Die Patienten setzten sich zu dreiviertel aus Sportstudenten und Sportstudentinnen zusammen. Die Statistik beweist, daß bei Männern an erster Stelle die Verletzungen des oberen Sprunggelenkes stehen. Insgesamt 317 Sprunggelenkverletzungen sind vermerkt. Schlüsselt man bei den Männern die Verletzungen nach Sportarten auf, so sieht man, daß Fußball an erster Stelle steht (28,4 %). Weitere typische Sportarten für diese Verletzung sind Handball, Skilauf, Bodenturnen, Basketball, Weit- und Hochsprung.

Unter den Bedingungen des militärischen Dienstes ist der Anteil der Unfälle am oberen Sprunggelenk ebenfalls erheblich. Aufgabe dieser Arbeit ist es, nachzuweisen, inwieweit der Luftlandestiefel geeignet ist, Extrembewegungen abzubremsen und damit dem geschädigten oberen Sprunggelenk eine Absicherung zu verleihen.

II. Kurze anatomische Vorbemerkung

Im oberen Sprunggelenk sind Bewegungen in einer Ebene und um eine quere Achse möglich. Es handelt sich um ein reines Scharniergelenk mit Dorsal- und Plantarflexion. Das Ausmaß der Bewegungen ist durch Alter und Übung Veränderungen unterworfen. Beim erwachsenen Menschen kann der Fuß um etwa 45 Grad dorsal und um etwa 60 Grad plantar flektiert werden.

Am Aufbau des oberen Sprunggelenkes beteiligen sich die distalen Enden der Tibia und der Fibula sowie der Talus. Die Gelenkkapsel ist vorne und hinten schlaff und dünn, an den Seiten durch Bänder verstärkt. Die ligg. collateralia verzweigen sich fächerartig. Das fibulare Seitenband besteht aus drei Bändern:

- lig. fibulotalare anterius
- lig. fibulocalcaneare
- lig. fibulotalare posterius

Das tibiale Seitenband bildet eine dreieckige Platte, das lig. deltoideum. Hier gibt es drei Teilzüge:

- pars tibionavicularis
- pars tibioalcanearis
- pars tibiotalaris anterior und posterior

Die Plantarbewegung erfolgt durch Muskeln, die hinter der Sprunggelenkachse verlaufen. Die Muskeln, welche vor der queren Sprunggelenkachse liegen, ziehen den Fuß dorsalwärts. Während sich die tibial und fibular abduzierenden Kräfte und damit zugleich auch die pro- und supinatorischen Kräfte annähernd die Waage halten, liegt das Übergewicht bei den Bewegungen in der Sagittalebene bei den Plantarflektoren und übertrifft

somit die Dorsalflektoren um mehr als das Vierfache. Die Plantarflektoren wickeln den Fuß des Standbeines beim Schreiten vom Boden ab. Sie bestimmen im wesentlichen die Länge des Schrittes beim Gehen, Laufen und Springen.

III. Die unfallbedingten Schäden am oberen Sprunggelenk

Die Verletzungen am oberen Sprunggelenk werden eingeteilt in:

- Luxationsfrakturen
- Stauchungsfrakturen

Die Luxationsfrakturen werden unterteilt in:

- Malleolenbrüche mit Fibulaläsion distal der Syndesmose
- Malleolenbrüche mit Fibulaläsion in Höhe der Syndesmose
- Malleolenbrüche mit Fibulaläsion proximal der Syndesmose

Die Stauchungsfrakturen werden unterteilt in:

- Trümmerfraktur der Tibia mit begleitender Fibulafraktur
- Trümmerfraktur der Tibia ohne begleitende Fibulafraktur
- Gabelfraktur mit begleitender Talusrollenfraktur

Die Luxationsfrakturen stehen hier im Vordergrund. Bei Malleolenbrüchen mit Läsion der Fibula distal der Syndesmose ist im Röntgenbild supinatorisches Klaffen des oberen Sprunggelenkes oder ein kleines Fragment der Fibula in Höhe des Gelenkspaltes vorhanden. Diese drei fibularen Läsionen können entweder isoliert oder mit einer zusätzlichen Läsion medial kombiniert sein. Wenn die Fibula verschont geblieben ist, findet man eine Ruptur der fibularen Seitenbänder. Normalerweise sind das lig. fibulotalare anterius und das lig. fibulocalcaneare zerrissen, während das lig. fibulotalare posterius verschont bleibt. Bei der einfachen Distorsion ist das lig. fibulotalare allein verletzt. Bei allen diesen Distorsionstypen bleiben das lig. deltoideum und die Syndesmosenbänder intakt. Auch wenn die Hinterkante der Tibia abgesprengt ist, bleibt das hintere Syndesmosenband an der Hinterkante verhaftet, weil das Hinterkantenfragment in Höhe des malleolus internus liegt und das tuberculum tibiale posterius nicht betroffen ist.

Bei Malleolenbrüchen mit Fibulaläsion in Höhe der Syndesmose handelt es sich um eine Schräg-Spiralfraktur der distalen Fibula, deren Bruchebene in Höhe des Sprunggelenkes beginnt und zwischen den Syndesmosenbändern verläuft. Einmal kann eine isolierte Fibulaschrägfraktur vorliegen oder eine Begleitverletzung medial. Sollte es zu einem Klaffen des Gelenkspaltes gekommen sein, so liegt eine Ruptur des lig. deltoideum vor. Es kann aber auch zu einer Fraktur des medialen Knöchels kommen. In diesem Fall liegt häufig eine Hinterkantenläsion der Tibia vor.

Bei Fibulaläsion proximal der Syndesmose ist die Fibula schräg oder quer mit Biegungsfragment oberhalb des oberen Sprunggelenkes gebrochen. Diese Knochenverletzung kann die einzige sein. Sie kann aber auch mit einer queren, medialen Knochelfraktur kombiniert sein. Die Tibiahinterkante ist in diesen Fällen fast immer ladiert. Für die Bänder ergibt sich folgendes:

Das lig. deltoideum ist zerrissen. In einem anderen Fall ist der mediale Knöchel abgerissen. Außerdem ist die Syndesmose ventral gesprengt. Die fibularen Seitenbänder bleiben bei diesen Verletzungen verschont. In einer selteneren Variante ist bei unversehrter Fibula die Syndesmose immer zerrissen oder der Knöchel gebrochen.

Andere Verletzungen am oberen Sprunggelenk entstehen durch Stauchung. Die drei häufigsten Verletzungen sind:

- a) Tibiatrümmerfraktur mit begleitender Fibulairaktur
- b) Regellose Gabelverletzung, Talus aber irgendwie gebrochen
- c) Tibiatrümmerfraktur ohne begleitende Fibulairaktur.

Das distale Fibulafragment bleibt beim Typ a) immer und beim Typ b) meistens durch die an sich intakten Syndesmosenbänder anatomisch korrekt verbunden mit einem Fragment der fibularen Tragzone der Tibia. Beim Typ c) ohne Fibulabruch sind dagegen die Syndesmosenbänder obligatorisch insuffizient, so daß in Höhe der Syndesmose Fibula und Tibia vollkommen voneinander getrennt sind. Das lig. deltoideum ist intakt geblieben. Die fibularen Seitenbänder sind unversehrt, wenn die Fibula gebrochen ist, sind aber zerrissen, wenn die Fibula ungebrochen bleibt. Wie bei den Luxationsfrakturen täuscht auch hier das Röntgenbild über das wirkliche Ausmaß der verschiedenen Schäden am Knorpel, Knochen und Bandapparat hinweg. Erst die operative Eröffnung der Fraktur gibt eine verbindliche Auskunft.

Auch die Syndesmosen zeigen verschiedene pathologisch-anatomische Varianten:

- a) Fibulaschrägfraktur in Höhe der Syndesmose ohne Syndesmosenläsion
- b) Alleinige Läsion der ventralen Syndesmose ohne ihres dorsalen Partners
- c) Interligamentäre Ruptur beider Bänder mit Subluxation der Fibula aus der Inzisur
- d) Syndesmosenläsion als Abrißfraktur an einer an sich höher frakturierten Fibula
- e) Seltepe Abrißfraktur beider Bänder an der Tibia en bloc.

IV. Die Behandlungsmethoden

Bei frischen Sprunggelenkverletzungen aller Entstehungsarten und bei Patienten aller Altersklassen bestätigt sich die Erfahrung, daß die meisten Luxations- und Subluxationsfrakturen des oberen Sprunggelenkes konservativ reponier- und fixierbar sind. Die erste Voraussetzung einer erfolgreichen Behandlung ist eine exakte Diagnostik. Es genügt nicht, die Frakturen festzustellen. Es müssen auch Art und Ausmaß der begleitenden Bandverletzungen erkannt werden, denn gerade diese benötigen besonders lange zur Ausheilung.

Zur Reposition von Verrenkungsbrüchen zieht man die Allgemeinnarkose der Lokalanästhesie vor. Die Einrichtung erfolgt bei rechtwinklig gebeugtem Knie unter Bilawandierkontrolle. Die erreichte Reposition wird durch beidhändige Kompression gehalten und mit einem ungepolsterten zirkulären, exakt anmodellierten Unterschenkelgipsverband fixiert. Der Verband wird anschließend zum Oberschenkelgipsverband in leichter Kniebeuge ergänzt. Daran schließen sich in regelmäßigen Abständen die Kontrollen der Gipsverbände an. Die Dauer der Ruhigstellung erstreckt sich bei schwerer Mitverletzung des Bandapparates bis zu 16 Wochen. Nach der Gipsabnahme wird die Behandlung mit Zinkleimverbänden, Massagen und aktiven Bewegungsübungen unter strenger Vermeidung jeglicher Massage bis zur Erreichung der Arbeitsfähigkeit fortgeführt. Auch frische Gabelsprengungen lassen sich durchweg auf diese Weise oder mit der Schraubenzwinde reponieren. Schwieriger ist jedoch die Reposition gleichzeitig bestehender Keillabscherungen. Sie erfolgt bei starker Kniebeuge, eventuell in Bauchlage durch Zug am erhaltenen Kapselbandapparat. Dies geschieht durch Überführen des Fußes in Hackenstellung.

Die Ruhigstellung erfolgt dann in der üblichen Spitzfußstellung. Bei Stauchungsbrüchen z. B. am distalen Unterschenkelende wird folgende Behandlungsmethode empfohlen:

Reposition mittels Zug an einem gezielten Fersenbeindraht, Dauerzugverband ohne Gips für 6 bis 8 Wochen. Damit gelingt es, auch schwerste Verrenkungsbrüche in guter anatomischer Stellung zur Ausheilung zu bringen. Man sieht, daß die konservative Behandlung technisch nicht immer die einfachste ist, aber für den Patienten die ungefährlichste, zuverlässigste und meistens auch die wirtschaftlichste. Kommt man mit konservativen Mitteln nicht zum Ziel, muß man sich innerhalb von spätestens 14 Tagen zur Operation entschließen.

Bei der Operation von Sprunggelenkverletzungen soll folgendes erreicht werden:

- exakte anatomische Reposition
- Naht zerrissener Ligamente
- Beseitigung von freien Gelenkkörpern.

Im allgemeinen wird so vorgegangen, daß vor der definitiven Fixation der einzelnen Fragmente die Bruchflächen exakt aneinander gepaßt werden. Anschließend kann fixiert werden, wobei die provisorische Fixation entfernt wird. Bei Bandverletzungen werden eventuell vorhandene Knochenläsionen zuerst versorgt, dann erst die Bandläsionen. Es soll im Rahmen dieser Arbeit nicht auf die Vielzahl der Operationsmethoden eingegangen werden. Besonders in der postoperativen Behandlung kommt dem Luftlandestiefel wesentliche Bedeutung zu. Sowohl das traumatisch gestörte als auch besonders das operierte obere Sprunggelenk muß in seiner Funktion zur Schonung teilweise gesperrt werden. Diese Aufgabe kommt den Luftlandestiefeln zu.

V. Die Schutz- und Schonwirkung auf das obere Sprunggelenk durch Luftlandestiefel (Untersuchungsvorgang)

Anhand von Röntgenbildern kann das maximale Bewegungsausmaß sowohl in Dorsal- als auch Plantarflexion bei einer älteren und jüngeren Versuchsperson nachgewiesen werden. Die Bewegungen eines traumatisch gestörten oberen Sprunggelenkes werden ebenfalls röntgenologisch festgehalten. Die gleichen Versuchspersonen führen anschließend die gleichen Bewegungen mit Luftlandestiefeln aus. Das Röntgenbild soll nachweisen, inwieweit der Stiefel das Bewegungsausmaß im oberen Sprunggelenk einschränkt und damit eine schützende und schonende Wirkung auf das Gelenk ausübt. Die Versuchsbedingungen sind in allen Fällen die gleichen. Das Bewegungsausmaß wird durch die Winkelmessung festgehalten. Entscheidend ist der Winkel, den der Unterschenkel mit der Fußsohle bildet, wenn bei feststehendem Fuß die aktive und passive Dorsal- und Plantarflexion ausgeführt wird. Da Unterschenkel und Fußsohle für die Einzeichnung von Winkeln nur relative Messpunkte abgeben, werden zur exakten Winkelmessung solche anatomischen Punkte gewählt, die sich nicht verändern. Bei allen Ausnahmen sind die gleichen Messbedingungen gegeben. Die eine Messlinie ist durch die Verbindung vom capitulum des os metatarsale I zum processus posterior tali festgelegt. Die zweite Linie ist durch die facies posterior der Tibia und einem Punkt der hinteren Kortikalis der Tibia gegeben, der bei allen Ausnahmen 5 cm von der facies posterior der Tibia entfernt liegt. Der Schnittpunkt beider Linien ergibt den zu messenden Winkel.

1. a) Das physiologische Bewegungsausmaß der älteren Versuchsperson

Das physiologische Bewegungsausmaß einer 50-jährigen Versuchsperson wird röntgenologisch festgestellt. Es handelt sich hier um das extremste passive Bewegungsausmaß. Die Dorsalflexion ergibt einen Winkel von 58 Grad. Die Plantarflexion ergibt einen Winkel von 126 Grad (siehe Abb. 2 und 3). Bei normaler mittlerer Fußaufttrittstellung ergibt sich nach Abb. 1 ein Winkel von 89 Grad. Unterschenkel und Fußsohle stehen also nahezu in einem rechten Winkel. Bei der gleichen Versuchsperson mit Luitlandestiefel wird spontan in beiden passiven Bewegungsebenen ein Sperrgefühl angegeben. Der Stiefel wird subjektiv als Sperre für das sonstige Bewegungsausmaß empfunden. Er wirke "bandagierend". Die beiden Röntgenbilder bringen den objektiven Beweis hierfür. Diesmal ist der Winkel bei der Dorsalflexion 66 Grad. Die eindeutig meßbare Einschränkung beträgt 8 Grad. Die Plantarflexion ergibt einen Winkel von 122 Grad. Die meßbare Einschränkung beträgt 4 Grad. Die Abb. 4 und 5 belegen den röntgenologischen Nachweis. Der Luftlandestiefel übt offensichtlich eine Wirkung aus, durch welche die extremen Schlußbewegungen im oberen Sprunggelenk gehemmt werden.

b) Das physiologische Bewegungsausmaß der jüngeren Versuchsperson

Als Vergleich wird bei einer 20-jährigen Versuchsperson die Messung unter gleichen Bedingungen ausgeführt. Abb. 6 zeigt, daß die Bewegung in der Dorsalflexion ohne Stiefel praktisch der älteren Versuchsperson gleich ist. Sie beträgt 60 Grad. Für die Plantarflexion ist der gemessene Winkel 133 Grad. Bei der älteren Person sind es 126 Grad (siehe Abb. 7). Auch mit der jüngeren Versuchsperson wird die Beweglichkeit mit Luftlandestiefeln gemessen. Die Abb. 8 und 9 zeigen, daß ebenfalls Funktions-sperrung erfolgt. Die Dorsalflexion beträgt 68 Grad; dies bedeutet eine Sperrung von 8 Grad. Die Plantarflexion beträgt 121 Grad; dies bedeutet Sperrung von 12 Grad. Auch hier ist der Nachweis für die Funktionssperrung des oberen Sprunggelenkes durch Luftlandestiefel gegeben.

Eine erhebliche Bedeutung dieser "Bandagenfunktion" liegt in der Anwendung für das traumatisch gestörte (vergeschädigte) obere Sprunggelenk. Jede Verletzung dieses Gelenkes, ob ossär oder ligamentär, schränkt das Bewegungsausmaß ein. Wird diese kapsuläre, narbige Sperre ohne Stiefelschutz strapaziert, so entsteht das rezidivierende posttraumatische Ödem mit allen seinen bekannten Schmerzzuständen. Hier hat der Luftlandestiefel eine Indikation zum therapeutischen Einsatz anstelle orthopädischer Maßschuhe. Jede Überbeanspruchung, jede Extrembewegung soll bei geschädigtem Sprunggelenk für längere Zeit ausgespart werden. Die funktionelle Teilspernung ist Voraussetzung hierfür. Solche Wirkung des Schutzes und der Schonung läßt der Luftlandestiefel erkennen.

c) Das physiologische Bewegungsausmaß des vorgeschädigten oberen Sprunggelenkes

Als weitere Kontrolle werden die gleichen Messungen an einem vorgeschädigten oberen Sprunggelenk durchgeführt. Die Versuchsperson ist 20 Jahre alt und hat vor zwei Monaten eine Schädigung durch Ruptur erheblicher Teile der fibularen Seitenbänder erlitten. Es bestehen erhebliche Schmerzen, ein massives Knochenödem und Gehunsicherheit. Abb. 10 zeigt maximale passive Dorsalflexion ohne Luftlandestiefel mit einem Winkel von 82 Grad. Somit ist die Dorsalflexion eindeutig reduziert. Die maximale passive Plantarflexion beträgt 125 Grad und ist mithin kaum gestört. Nach Anlegen des Stiefels zeigt sich die Schonwirkung auf das Gelenk. Die maximale passive Dorsalflexion von 89 Grad entspricht dem Wert bei normaler mittlerer Auftrittstellung. Dies besagt, daß die Dorsalflexion aktiv und passiv vollständig gesperrt ist (siehe Abb. 11 und 12). Auch die Plantarflexion mit Luftlandestiefel ist erheblich eingeschränkt. Gegenüber 125 Grad ohne Stiefel ergibt sich ein Winkel von 110 Grad (siehe Abb. 13). Diese Meßserie beweist die Sperrmöglichkeit aktiver und passiver Funktionen am oberen Sprunggelenk. Der Patient gibt an, er habe ein gutes Bandagen-Sicherheitsgefühl und keine Beschwerden. Die Störung der Abrollung beim normalen Gehen sei nicht bemerkenswert.

VI. Wie kommt die Schonwirkung des Springerstiefels zustande?

Durch die Luttlandestiefel sind die passiven Bewegungen im oberen Sprunggelenk nachweisbar eingeschränkt. Die Plantarflexion ist um 60 Grad aus 30 Grad Dorsalflexion möglich. Fußsenkend wirkt der kräftige, dreiköpfige m. triceps surae. Er besteht aus den beiden Köpfen des m. gastrocnemius und dem m. soleus. Sein Ansatz liegt mechanisch günstig am relativ langen Hebelarm des Fersenbeines. Fußsenkend in demselben Sinn wirkt der hintere Schienbeinmuskel, der an der tuberositas ossis navicularis und am ersten und zweiten Keilbein ansetzt. Außerdem wirken der lange Zehenbeuger und der lange Großzehenbeuger fußsenkend. Ersterer setzt an den Endphalangen der zweiten bis fünften Zehe an, letzterer an der Endphalanx der ersten Zehe. Alle diese Muskeln der aktiven Plantarflexion werden durch den Stiefel ruhiggestellt und damit erheblich ausgeschaltet. Die aktive Dorsalflexion im oberen Sprunggelenk wird von sämtlichen, streckseits liegenden Muskeln bewirkt. Die Dorsalflexion ist um insgesamt 60 Grad aus 30 Grad Plantarflexion möglich. Folgende Muskelgruppen sind dabei beteiligt:

- der vordere Schienbeinmuskel mit seinem Ansatz am os cuneiforme I und os metatarsale I
- der lange Großzehenstrecker, der an der Endphalanx der ersten Zehe ansetzt
- der lange Zehenstrecker mit seinem Ansatz an der Dorsalaponeurose der zweiten bis fünften Zehe.

Es sei am Rande erwähnt, daß diese Muskeln den Fuß teilweise auch in Supination und Pronation bringen können. Umgekehrt haben auch reine Supinatoren und Pronatoren als untergeordnete Funktion die Dorsal- und Plantarflexion. Damit soll zum Ausdruck gebracht werden, daß durch

die Luftlandestiefel auch diese Fußbewegungen durch Ruhigstellung der zugehörigen Muskulatur weitgehend ausgeschaltet werden. Nicht nur Muskeln, sondern auch Kapsel und Bänder werden durch Ruhigstellung (Fixation ihrer Ansatz- und Ursprungsteilen) entlastet. Dadurch, daß die Luftlandestiefel auf das Sprunggelenk wie eine Bandage wirken, sind vor allen Dingen das fibulare und tibiale Seitenband gehemmt.

VII. 1. Welche Materialeigenschaften des Springerstiefels fördern die funktionelle Schonung des Gelenkes?

Die funktionelle Entlastung des oberen Sprunggelenkes durch den Luftlandestiefel ist auf seine besondere Form und Verarbeitung zurückzuführen, die denjenigen eines orthopädischen Schuhs sehr nahe kommen. Für ein traumatisch gestörtes oberes Sprunggelenk bietet der Schuh Schonbedingungen. Diese sind in der "bandagierenden Funktionsminderung" begründet. Das Gelenk des Schuhs ist verhältnismäßig schmal gehalten, während der eng ansitzende Schaft wie eine Bandage wirkt. Unter dem "Gelenk" ist der Teil zu verstehen, der unterhalb der beiden Malleolen liegt, diese umgibt und dann in den Schaft übergeht. Diese Bandagenwirkung wird wohltuend empfunden und ist als orthopädische Hilfestellung anzusehen. Der Schaft ist nicht einfach "röhrenförmig" gearbeitet wie die herkömmlichen Militärstiefel, sondern schmiegt sich modellierend der Knöchelregion und dem distalen Unterschenkel an. Hinzu kommt, daß ein Fuß mit traumatisch gestörtem oberem Sprunggelenk auch bettungsbedürftig ist. Bettungsbedürftigkeit bedeutet, daß von der Ferse bis zu den Zehen (über Gelenk und Sohle) das Gewölbesystem bei bester Fassung des Rückfußes abgefangen und entlastet wird. Es ergibt sich damit eine elastisch-federnde Gewölbestütze, die für den gesamten Kapselbandapparat und die langen Fußsehnen eine ausgeprägte Gewebsschonung bedeutet. Hier kommt dem Schaft durch Form und Material große Bedeutung zu. Er sorgt dafür, daß der Fuß am oberen und unteren Sprunggelenk bei der Abwicklung der Bettung nicht durchgeht. Dies wird dadurch erreicht, daß der Schaft in seiner Verarbeitung eine gewisse Starrheit mit sich bringt. Diese ent-

scheidende Eigenschaft ist bisher noch nicht objektiviert worden. Durch "Dehnungsmessungen" am hinteren Schaftteil des Stiefels mit Dehnungsdiagrammen soll die "Materialstarre" kontrolliert werden. Diese Messungen erfolgten am "Arbeitsphysiologischen Institut der Technischen Hochschule München".

2. Elektrodiagraphische "Dehnungsmessungen"

a) Versuchsanordnung

Die Untersuchungen sollen zeigen, inwieweit das Material bei Belastung, d. h. beim Gehen gedehnt wird. Der Versuch wurde mit einem Dynograph Recorder Type S=II von der Firma Beckmann Instruments, Inc. durchgeführt. Es handelt sich um ein Registriergerät, das Signale in einen elektrischen Impuls umwandelt. Dieser Impuls wird über einen Vorverstärker und einen Verstärker verstärkt und durch einen mechanischen Schreiber in eine Registrierkurve umgesetzt. Zu diesem Zweck werden an drei verschiedenen Stellen des Schaftes und zwar am unteren, mittleren und oberen Schaftdrittel Dehnungsstreifen aufgeklebt in der Annahme, daß diese drei verschiedenen Regionen verschieden gedehnt werden. Die Längenänderungen induzieren eine Spannung, die das Registriergerät in einem Diagramm festhält. Diese Spannungsreaktion ist zwar gering, läßt aber verwertbare Messungen zu. Es entspricht ein Ausschlag von 1 cm auf dem Papier einer Spannung von 0,1 mV oder einer bestimmten Längenänderung auf dem Stiefel. Mit dieser Eichung, die für jeden einzelnen dieser Meßstreifen durchgeführt wird, ist man in der Lage, Maximalausschläge aus dem Diagramm in die tatsächlich stattgefundene Dehnung auf dem Stiefel umzurechnen. Die Versuchsperson bewegt sich auf einem Tretbahngerät einmal mit einer Geschwindigkeit von 5 km/h und ferner mit einer Geschwindigkeit von 1,02 km/h. Die Schrittlänge beträgt 0,75 m. Jedes Diagramm entspricht einer Laufzeit auf dem Gerät von 1 Minute.

b) Versuchsergebnisse

Bei einer Laufgeschwindigkeit von 5 km/h ergibt sich am unteren Schaftdrittel eine Dehnung von 0,239 mm. Gerade dieser Teil des Stiefels ist durch eine eingebaute Verstärkung besonders fest; es ist anzunehmen, daß hier der hintere Fuß besonders gut gebettet ist.

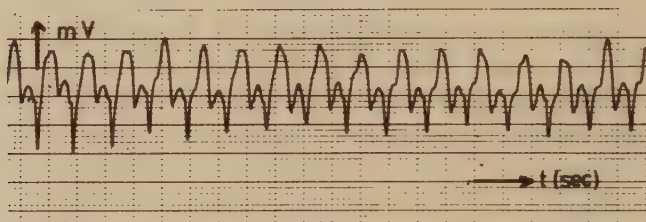


Abb. 14 Dehnungsdiagramm mit aufgeklebtem Dehnungsmeßstreifen am unteren Schaftdrittel bei einer Laufgeschwindigkeit von 5 km/h

Am mittleren Schaftdrittel ist die Dehnung am größten. Sie beträgt bei gleicher Laufigeschwindigkeit 1,272 mm.

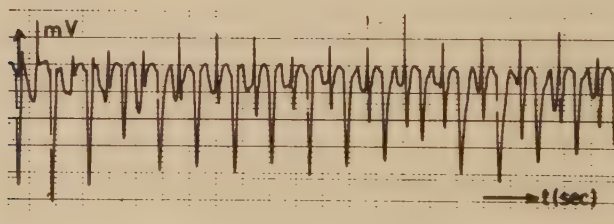


Abb. 15 Dehnungsdiagramm mit aufgeklebtem Dehnungsmeßstreifen am mittleren Schaftdrittel bei einer Laufigeschwindigkeit von 5 km/h

Am oberen Schaftdrittel hat sich nur eine ganz geringe Dehnung von 0,0887 mm ergeben. Dies bedeutet, daß in diesem Teil die Kraftwirkung sehr klein ist und der hintere Schaft oben bei einer Dorsalflexion kaum beansprucht wird.

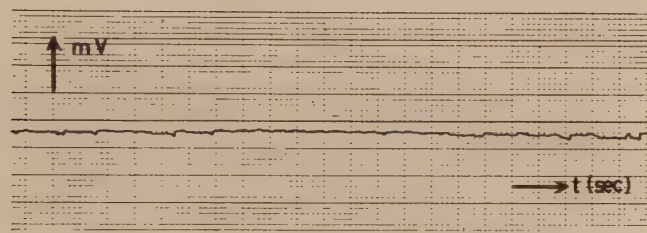


Abb. 16 Dehnungsdiagramm mit aufgeklebtem Dehnungsmeßstreifen am oberen Schaftdrittel bei einer Laufgeschwindigkeit von 5 km/h

Im zweiten Versuch beträgt die Laufgeschwindigkeit 7,02 km/h. Am unteren Schaftdrittel ergibt sich nun eine größere Dehnung. Sie beträgt 0,318 mm und ist sicher darauf zurückzuführen, daß bei einer schnelleren Gangart das Material einer schnelleren und größeren Krafteinwirkung ausgesetzt ist.

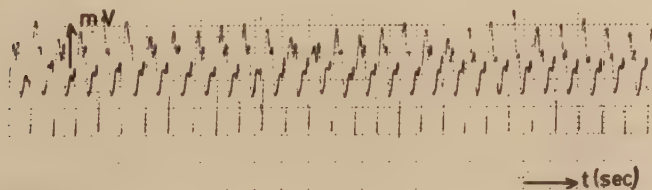


Abb. 17 Dehnungsdiagramm mit aufgeklebtem Dehnungsmeßstreifen am unteren Schaftdrittel bei einer Laufgeschwindigkeit von 7,02 km/h

Interessant ist das Diagramm des mittleren Schaftdrittels. Hier hat sich nichts verändert und die Dehnung ist genau so groß wie in der Abb. 15 und zwar 1,272 mm. Natürlich erfolgen die einzelnen Dehnungsmaxima sehr viel schneller aufeinander, doch scheint das Material in diesem Bereich eine größere Dehnung nicht mitzumachen.

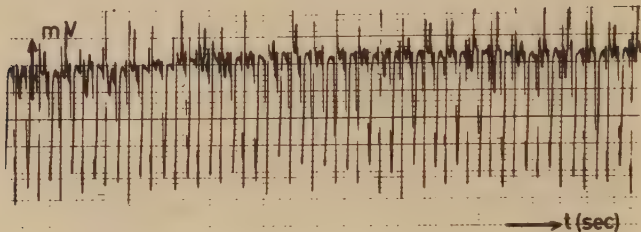


Abb. 18 Dehnungsdiagramm mit aufgeklebtem Dehnungsmeßstreifen am mittleren Schaftdrittel bei einer Laufgeschwindigkeit von 7,02 km/h

Nachdem sich in der Abb. 16 kaum eine Dehnung ergeben hat, zeigt die Abb. 19 eine deutliche Längenänderung. Sie beträgt 0,177 mm. Es zeigt sich, daß erst bei einer schnelleren Gangart sich eine Dehnung am oberen Schaftdrittel bemerkbar macht.

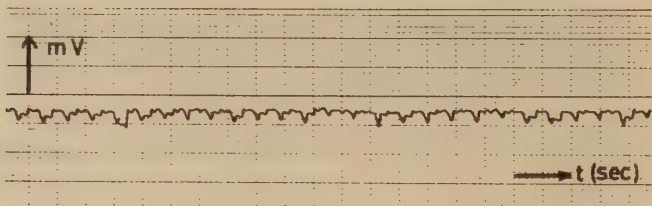


Abb. 19 Dehnungsdiagramm mit aufgeklebtem Dehnungsmeßstreifen am oberen Schaftdrittel bei einer Laufgeschwindigkeit von 7,02 km/h

Es muß noch hinzugefügt werden, daß diese Dehnungsmessungen sich ausschließlich auf die Bewegungen in der Dorsalflexion beziehen. In der Plantarflexion wird der hintere Schaft nicht gedehnt, sondern gestaucht.

Die Messungen haben gezeigt, daß der gesamte hintere Schaft nur ganz geringe Dehnungen zuläßt und somit die Dorsalflexion einschränkt.

c) Versuchsauswertung

Die Dehnungsdiagramme zeigen, daß der hintere Schaft der Luftlandestiefel an den drei Ableitungsstellen beim Gehen verschieden gedehnt und damit verschieden beansprucht wird. Daraus lassen sich für Form und Material des LL-Stiefels wichtige Eigenschaften ableiten. Die Diagramme zeigen deutlich, daß der mittlere Teil des Schaftes die größte Dehnung zuläßt, die sich auch bei höherer Laufgeschwindigkeit nicht ändert. Das bedeutet, daß dieser Schaftteil relativ geschmeidig gearbeitet ist und sich schon bei geringer Krafteinwirkung dehnen läßt. Er ist es, der bei der Plantarflexion am meisten gestaucht wird und sogleich danach beim Abrollen des Fußes in der Dorsalflexion gedehnt wird. Er läßt also eine gewisse aber notwendige Bewegungsfreiheit zu.

Das untere Schaftdrittel läßt nur eine geringere Dehnung zu, die beim schnelleren Gehen etwas größer wird. Die Ursache dafür liegt darin, daß dieser Schaftteil bereits in die hintere durch eine Aluminiumeinlage verstärkte Kappe übergeht. Dieser Teil des Stiefels ist besonders hart und unnachgiebig, aber für eine gute Bettung des Rückfußes entscheidend.

Interessant sind die beiden Diagramme am oberen Schaft. Während bei geringer Laufgeschwindigkeit kaum eine Dehnung zu verzeichnen ist, zeigt sich bei größerer Laufgeschwindigkeit eine deutliche Dehnung, die relativ gering ist. Daraus läßt sich ableiten, daß der obere Teil des Schaftes durch seinen hautengen Kontakt zum Unterschenkel für die "bandagierende Wirkung" des Luftlandestiefels besonders bedeutsam ist.

Abschließend läßt sich sagen, daß die Diagramme neben den Röntgenkontrollaufnahmen den Nachweis dafür liefern, daß der Luftlandestiefel auf Grund seiner "Materialstarre" auf das obere Sprunggelenk funktionshemmend wirkt und bei der Dorsalflexion an seinem hinteren Schaft nur ganz geringe Dehnungen zuläßt.

VIII. Abschließende Diskussion

Die Luttlandestiefel werden bei der Luttlandaetruppe zur Verhütung von Knochen- und Bänderläsionen verwendet. Es liegt auf der Hand, diesen Stiefel auch zur Schonung und Heilung bei vorgeschädigten Sprunggelenken zu benutzen. Deswegen war es Aufgabe der vorliegenden Arbeit, festzustellen, ob die Luttlandestiefel hierfür zweckmäßig und geeignet sind. Es ergibt sich zunächst die Frage, ob die Luttlandestiefel funktionelle Sperrungen zustande bringen, welche dem vorgeschädigten oberen Sprunggelenk nützlich sind. Durch Röntgenvergleichsuntersuchungen bei normalen Sprunggelenken einer 20- und 50-jährigen Versuchsperson ließ sich beweisen, daß bei gesunden oberen Sprunggelenken durch die Luttlandestiefel bei extremen Bewegungsebenen eine Sperrung sich bemerkbar macht. Damit ist die entscheidende Basis zur Verordnung bei vorgeschädigten Gelenken gegeben. In der Tat ließ sich bei einer Kontrolle am vorgeschädigten oberen Sprunggelenk einer 20-jährigen Versuchsperson nachweisen, daß eine "bandagierende" Schutz- und Schonwirkung erfolgt. Die Versuchsperson hatte ein ganz bestimmtes Sicherheitsgefühl am Gelenk gegenüber der vorher bestehenden erheblichen Unsicherheit mit funktioneller Stabilitätsminderung.

Wahrscheinlich ist das posttraumatische rezidivierende Ödem gleichbedeutend mit einer Materialschwäche des Kapselbandapparates einschließlich reflektorischer Schonminderung von Seiten der langen aktiv stabilisierenden Fußmuskeln-Sehnenanteile.

Durch die "modellierende-bandagierende" Absicherung im "Gelenk" erhält der Fuß eine einwandfreie Rückfußstabilität wie bei einer verstärkten hinteren Kappe eines orthopädischen Maßschuhs. Der einwandfreie hautenge Kontakt des Materials an der Knochelhaut und im Gleitgewebe der Achillessehne ist nachweislich entstauend und entödemisierend. Es kommt der Effekt einer "entstauenden Bandagierung" zustande, ohne daß das Abrollvermögen des Fußes störend reduziert wird.

IX. Zusammenfassung

In dieser Arbeit ging es um die Frage einer Schutz- und Schonwirkung des traumatisch gestörten oberen Sprunggelenkes durch Luitlandestiefel. Nach Beschreibung der unfallbedingten Schäden mit kurzer Erläuterung der möglichen Behandlungsmethoden werden Untersuchungen zum Nachweis der Funktionssperrung am oberen Sprunggelenk durch Luitlandestiefel mit Röntgenkontrollen durchgeführt. Drei verschiedene Versuchspersonen, eine 20-jährige, eine 50-jährige und eine Versuchsperson mit vorgeschädigtem oberen Sprunggelenk führen eine maximale passive Dorsal- und Plantarflection im Stehen einmal ohne und dann mit Luitlandestiefel aus. Dabei zeigt sich, daß der Springerstiefel auf diese passiven Bewegungen funktionshemmend wirkt. Der Weg zu solcher bandagierenden Sperrung wird diskutiert. Schließlich werden Form und Material der Luitlandestiefel abgehandelt. Anhand von "Dehnungsdiagrammen" wird gezeigt, daß der Luitlandestiefel durch seine "Materialstarre" am Schaft und Rückfuß eine stabilisierende, funktionshemmende, entstauend-bandagierende Eigenschaft erhält. Er ist deswegen geeignet, für die meisten posttraumatischen Brüche am oberen Sprunggelenk "anstelle orthopädischer Maßschuhe" fachärztlich verordnet zu werden.

X. Blatteil

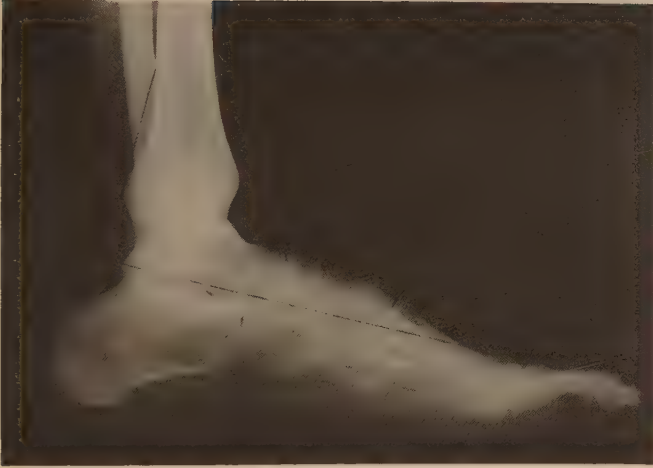


Abb. 1: Normale Fußstellung



Abb. 2: Dorsalflexion ohne Luftlandestrikel bei einer älteren Versuchsperson



Abb. 3: Plantarflexion ohne Luftlandestiefel
bei einer älteren Versuchsperson

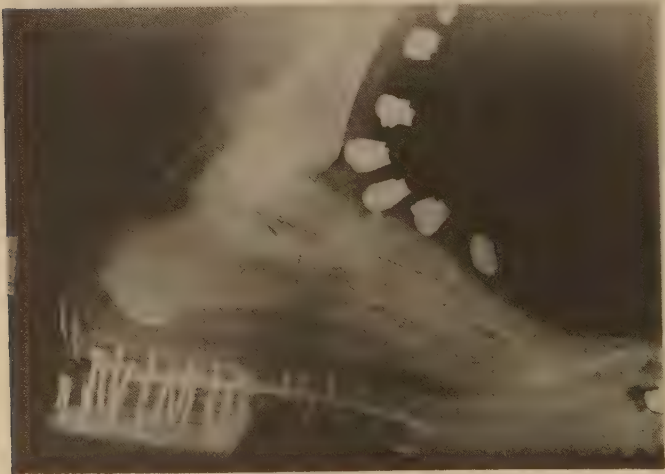


Abb. 4: Dorsalflexion mit Luftlandestiefel
bei einer älteren Versuchsperson



Abb. 5: Plantarflexion mit Luftlandestiefel
bei einer älteren Versuchsperson

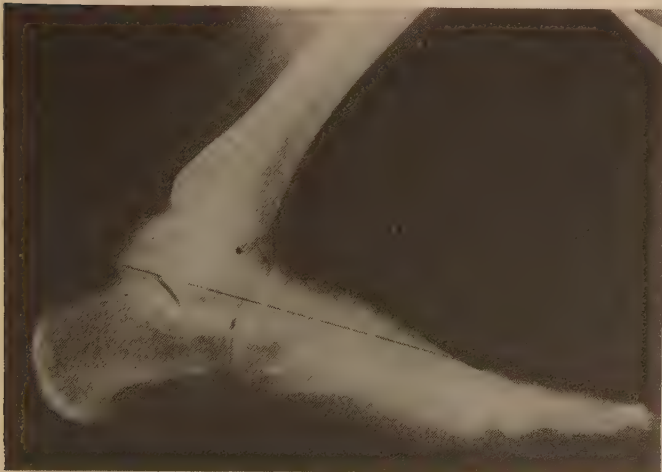


Abb. 6: Dorsalflexion ohne Luftlandestiefel
bei einer jüngeren Versuchsperson

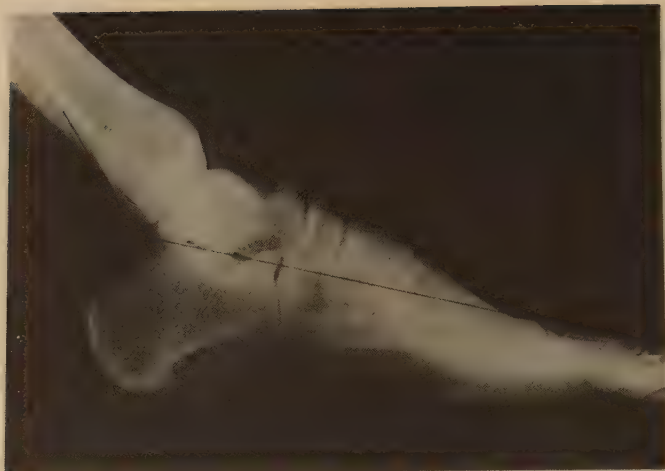


Abb. 7: Plantarflexion ohne Luftlandestiefel
bei einer jüngeren Versuchsperson

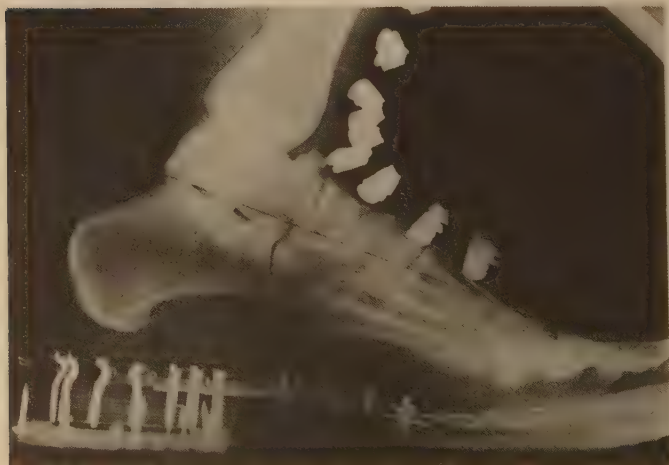


Abb. 8: Dorsalflexion mit Luftlandestiefel
bei einer jüngeren Versuchsperson



Abb. 9: Plantarflexion mit Luftlandestiefel bei einer jüngeren Versuchsperson

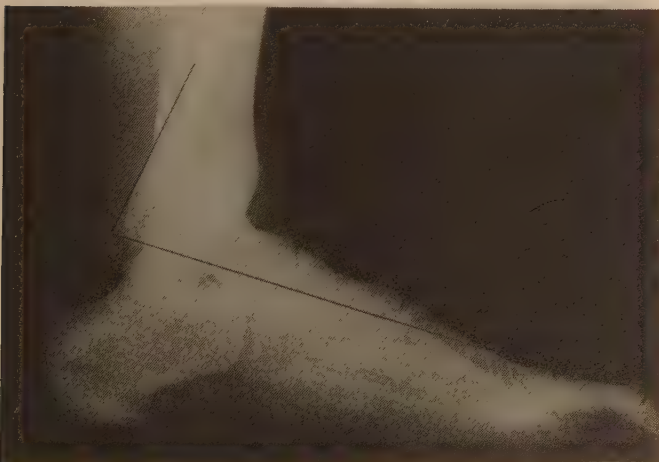


Abb. 10: Dorsalflexion ohne Luftlandestiefel bei einem vorgeschädigten oberen Sprunggelenk



Abb. 11: Plantarflexion ohne Luftlandestiefel bei einem vorgeschädigten oberen Sprunggelenk

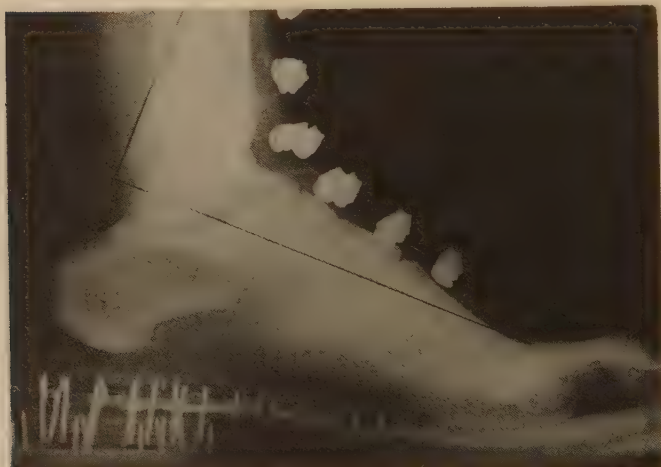


Abb. 12: Dorsalflexion mit Luftlandestiefel bei einem vorgeschädigten oberen Sprunggelenk



Abb. 13: Plantarflexion mit Luftanästhetie bei einem vorgeschädigten oberen Sprunggelenk

XI. Literaturverzeichnis

- Beyer, W. "Der Sportarzt"
Die Arthrographie des oberen Sprunggelenkes. 14, 38 (1963)
- Frings, H. "Der Sportarzt"
Sportärztliche Unfallambulanz der Universität Münster
1950 - 1960. 12, 81 - 122 (1961)
- Kukla, D. "Der Sportarzt"
Zur konservativen Behandlung frischer Verrenkungsbrüche des oberen Sprunggelenkes. 14, 50 (1963)
- von Lanz, T. "Praktische Anatomie"
Wachsmuth, W. Ein Lehrbuch und Hilfsbuch der anatomischen Grundlagen ärztlichen Handelns. Julius Springer Verlag, Berlin. 1, 350 - 354 (1938)
- Marquardt, W. "Die theoretischen Grundlagen der Orthopädie-Schuhmacherei"
Carl Maurersche Buchdruckerei, Gelsingen. 30 - 72 (1951)
- Paul, D. "Erfahrungen mit der konservativen
Eckhardt, B. Behandlung von Malleolarfrakturen"
Kühnel, K. Archiv für orthopädische Unfall-
Schumann, H. D. chirurgie. J. F. Bergmann Verlag,
München. 63, 273 (1968)
- Rab, C. R. "Orthopädische Schuhe" Ein Lehrbuch
für Ärzte und für wissenschaftlich
vorgebildete Orthopädie-schuhmacher.
Ferdinand Enke Verlag Stuttgart.
2, 46 (1946)

Trojan, E.
Jahna, H.

"Die konservative Behandlung der Stauchungsbrüche am distalen Unterschenkelende" Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete. Ferdinand Enke Verlag Stuttgart. 93, 20 (1960)

Voss, H.
Herrlinger, R.

"Einführung in die Anatomie" (Bewegungsapparat) VEB Gustav Fischer Verlag Jena. 1, 195 - 203 (1964)

Weber, B. G.

"Die Verletzungen des oberen Sprunggelenkes" Verlag Hans Huber, Bern und Stuttgart. 51 - 145 (1966)

XII. Lebenslauf

Am 5. März 1940 wurde ich als Sohn des Diplom Ingenieur Lothar Schmiat-Rittershaus und seiner Ehefrau Ruth in Bad Ems geboren. Von 1946 bis 1950 besuchte ich die Volksschule in Laurenburg an der Lahn. Die Reifeprüfung legte ich 1962 in Stoiberg bei Aachen ab. 1962 kam ich zur Bundeswehr und wurde 1964 als Leutnant der Reserve entlassen.

Zum Wintersemester 1964/65 schrieb ich mich an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München als Student der Zahnheilkunde ein. Im Sommer 1967 bestand ich dort die zahnärztliche Vorprüfung und im Sommer 1970 beabsichtige ich, in München das zahnärztliche Staatsexamen abzulegen.

Im März 1960 heiratete ich die medizinisch-technische Assistentin Fräulein Ursula Inthorn aus Bad Ems.

